УДК 004.89:65.011.56

А. Е. ГОЛОСКОКОВ, профессор НТУ «ХПИ», ***А. В. РУДНИЦКИЙ***, студент НТУ «ХПИ», ***Б. В. БОРЦ***, канд. тех. наук, нач. лаб. ННЦ ХФТИ

СТРУКТУРА И ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРОЦЕССОМ ГОРЯЧЕЙ ПРОКАТКИ ПАКЕТОВ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПЛАСТИН

Стаття є наступним етапом НДР після постановки задачі на розробку інтелектуальної системи управління технологічним процесом гарячий прокатки пакетів металевих пластин. В статті розглянута розроблена структура інтелектуальної системи управління, визначені принципи побудови інтелектуальної системи управління та виявлені спосіб представлення знань, метод виводу та стратегія вирішення конфліктних ситуацій. Виявлена необхідність в модифікації деяких типових рішень. Запропоновані зміни реалізовані з метою врахування всіх особливостей поставленої задачі управління.

Введение. Данная работа является этапом выбора метода интеллектуализации системы управления (СУ) согласно [1], где поставлена задача на разработку математического и программного обеспечения интеллектуальной системы управления технологическим процессом горячей прокатки пакетов металлических пластин. Центральное место в поставленной задаче занимает разработка алгоритма контроля и управления.

Обзор литературных источников. В настоящее время в научной литературе [2], в сети INTERNET [3] существуют примеры разработки интеллектуальных систем управления основанных на правилах. Однако это все иллюстративные примеры с малой размерность входов и выходов объекта управления. А также множество проектов [4], в которых использованы определенные оболочки для создания систем управления, но без подробного описания результата разработки. Итак, можно сделать вывод, о минимальном опыте подобных разработок и об острой необходимости их проведения.

Постановка задачи. Вакуумная система стана и алгоритм контроля и управления вакуумной системой стана обладают следующими особенностями:

1) не существует возможности описать ВС традиционным способом за приемлемое время и приемлемые трудозатраты;
2) при управлении ВС используются недостаточно вербализованный и недокументированный опыт технолога;
3) поставленная задача трудноформализуема;
4) сложный характер взаимосвязи ВС с иными системами СГП;
5) при управлении системой нагрева используется терморегулятор, остальными системами СГП управляет технолог;

6) СУ должна обладать способностями обучатся, адаптироваться к различным условиям, а также должна быть гибкой;
7) существует необходимость идентификации предаварийных ситуаций.

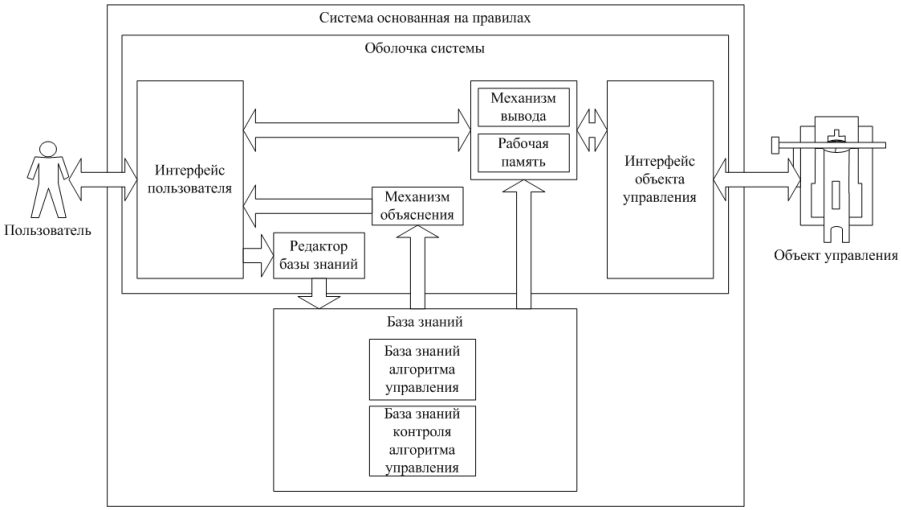
Перечисленные свойства повлияли не только на необходимость интеллектуализации разрабатываемой СУ, но и на выбор метода интеллектуализации.

Из приведенных особенностей можно сделать вывод, что метод интеллектуализации должен:

1) представлять знания на языке близком к естественному;
2) обеспечивать рассуждения в символьном виде;
3) позволять добавлять вновь приобретенное знание без реорганизации полной совокупности правил вывода.

Следовательно, метод интеллектуализации должен представлять знания в виде «ЕСЛИ - ТО».

Структура, элементы и взаимосвязи интеллектуальной системы. На рис. представлена модифицированная структура интеллектуальной системы управления (ИнСУ). За основу модифицированной взята типичная структура из [5-7].



Модифицированная структура интеллектуальной системы

По сравнению с типичной структурой модифицированная включает следующие элементы: интерфейс объекта управления, объект управления, база знаний контроля алгоритма управления.

Элементами ИнСУ являются:

1) Механизм вывода – для данных из Рабочей памяти формирует решение задачи на основании знаний из Базы знаний;
2) Рабочая память – краткосрочная память, хранящая входные, выходные и временные данные;
3) База знаний – долгосрочная память, хранящая знания необходимые для решения задачи;
4) Механизм объяснения – позволяет системе объяснять пользователю полученные решения;
5) Редактор базы знаний – позволяет пользователю редактировать Базу знаний;
6) Интерфейс пользователя – осуществляет взаимодействие пользователя с системой;
7) Интерфейс объекта управления – осуществляет взаимодействие объекта управления с системой;
8) Пользователь – человек, управляющий технологическим процессом;
9) Объект управления – совокупность технологического оборудования, на которое подаются управляющие воздействия.

Связь Пользователь и Механизм вывода – Рабочая память реализована через Интерфейс пользователя. Двухнаправленная взаимосвязь между Механизмом вывода – Рабочей памятью и Интерфейсом пользователя отражает, что при необходимости Механизм вывода – Рабочая память и Пользователь имеют возможность взаимодействовать и обмениваться информацией. Аналогично и для Объекта управления.

Однонаправленная связь от Базы Знаний через Механизм объяснения и Интерфейс пользователя к Пользователю отображает, что Пользователь может только получить объяснение решения.

Однонаправленная связь от пользователь через Интерфейс пользователя и Редактор базы знаний к База знаний показывает, что Пользователь имеет возможность редактировать База Знаний.

При функционировании Механизм вывода – Рабочая память используют знания из База знаний через однонапрвленную связь.

Метод интеллектуализации. В качестве метода интеллектуализации выбрана система, основанная на правилах или продукционная система.

Продукции по сравнению с другими формами представления знаний имеет ряд следующих достоинств:

1) модульность – любая продукция может быть размещена в любом месте продукционной системы. Поскольку каждая продукция – это законченный фрагмент знаний о предметной области, то все множество продукций может быть представлено в виде иерархии, соответствующей описанию объекта управления;
2) единообразие структуры (схожие компоненты продукционной системы могут применяться для построения систем с различной проблемной ориентацией);

3) декларативность, присущая продукционным системам, позволяет легко описывать предметную область. Управление выводом осуществляется с использованием встроенного решателя;
4) естественность – вывод заключения в продукционной системе во многом аналогичен процессу рассуждения эксперта;
5) независимость продукций делает продукционные системы перспективными для реализации на ЭВМ, в частности, для разработки специализированных параллельных ЭВМ, ориентированных на продукционные правила;
6) гибкость родовидовой иерархии понятий, которая поддерживается связями между правилами (изменение правил влечет за собой изменение в их иерархии);
7) реактивность – быстрая реакция на изменение данных;
8) понимаемость – продукции являются достаточно крупными единицами, интуитивно понятными человеку;
9) расширяемость – продукции могут добавляться в базу знаний или модифицироваться в течение длительного времени без изменения структуры базы знаний. Расширяемость является следствием модульности и декларативности.

В общем виде под продукцией понимается выражение следующего вида [8-10]:

$$Rnj : (\mathrm{Pr}, Bc, A \Rightarrow B, Ac),$$

где Rnj – идентификатор j-ой продукции в n-ом наборе продукций; Pr – приоритет правила продукции; Bc – предусловие применимости ядра продукции, представляющее предикат, при выполнении которого активизируется ядро продукции; $A \Rightarrow B$ – ядро продукции; Ac – постусловие продукции, определяющее действия и процедуры, которые необходимы выполнить после выполнения ядра продукции.

В ходе решения задачи Механизм вывода выполняет две задачи – собственно логический вывод и управление выводом.

Логический вывод в продукционных системах не отличается особой сложностью и реализуется на основе процедуры поиска. Существуют различные методы поиска решений. Определим те качества, которыми должен обладать метод поиска:

1) порядок выполнения правил должен определяться текущим состоянием обрабатываемых данных;
2) подвергать проверке только те правила, которые связаны с этими данными и применимость которых может измениться благодаря изменениям данных.

Перечисленным качествам отвечает Rete-алгоритм [11] и является наиболее эффективным алгоритмом для выполнения продукционных систем. Rete – единственный алгоритм для продукционных систем, эффективность которого не зависит от количества правил.

Управление выводом в продукционных системах предполагает решение двух вопросов [12]:

1) с чего следует начинать процесс вывода;
2) как поступить, если на некотором шаге вывода возможен выбор различных вариантов его продолжения.

Ответ на первый вопрос приводит к стратегии прямой цепочки рассуждений. Прямой вывод начинается с задания исходных данных решаемой задачи, которые фиксируются в виде фактов в Рабочая память системы.

На второй вопрос ответом являются механизмы разрешения конфликтных ситуаций. Разрешение конфликтов – важная проблема, связанная с управлением порядком применения правил, образующих конфликтное множество. Порядок активизации правил конфликтного множества определяется выбранной стратегией разрешения конфликтов. В данной задаче выбор правила для активизации делает Пользователь.

Описание набора продукций. При разработке Базы Знаний выявлена необходимость разделения на: База знаний правил управления и База знаний контроля правил управления. Необходимость объясняется тем, что нецелесообразно в Базе Знаний правил управления хранить т.н. блокировки. Следовательно, База знаний контроля правил управления будет ограничивать от аварийных ситуаций, а также предупреждать об их потенциальном появлении.

Как было указано выше, в данной задаче применяется продукционная модель представления знаний. Согласно данной модели ведется разработка Базы знаний правил управления и Базы знаний контроля правил управления.

Технологический процесс прокатки пакетов металлических пластин проходит в несколько этапов: контроль готовности к пуску; откачка на форвакуум и высокий вакуум; нагрев печи; загрузка заготовки; нагрев заготовки; прокатка заготовки; выгрузка пакета; откачка на форвакуум сборника проката; нормальный останов стана.

При выполнении в этапе нескольких управляющих воздействий необходимо их выполнять последовательно, дожидаясь получения результата воздействия.

Каждый из этих этапов состоит из подэтапов, в которых стан переходит из одного состояния в другое, путем изменения состояния составляющих элементов стана.

Пример правила Базы знаний правил управления представлен в таблице. Выше был рассмотрен общий вид представления правил. В данной задаче

принято решение дополнить антецедент и консеквент ядра продукции состоянием «действие».

Пример правила в продукционной системе

Контроль готовности к пуску стана

ПРЕДИКАТ

ЕСЛИ

AV1(NL1)	AV1(NZ1)	NL2	ND1	VM1		VM2		VM3		VM4		VM5		VM6		VM7	
				откр	закр	откр	закр	откр	закр	откр	закр	откр	закр	откр	закр	откр	закр
выкл	выкл	выкл	выкл		закр		закр		закр		закр		закр		закр		закр

VE1	VE2	13ВТ3	ВИЦБ		РТ1	РТ2	РТ3	РТ5	РТ6	Руч/Авт	Сирена Н2	200	500	ПВК3	Шторки	
		Авария	Инф о диап	Выкл	Авария										откр	закр
закр	закр			Выкл			вкл				Авт					закр

ТОВНВС	ПОВСП	ПОВНВ	ПОВП	Q1	Элпит печи
				вкл	

ТП	РВ	13ВТ3	ВИЦБ

ЕСЛИ (действие)

ТО

AV1(NL1)		NL2		ND1	
вкл	выкл	вкл	выкл	вкл	выкл

VM1		VM2		VM3		VM4		VM5		VM6		VM7		РТ1	РТ2	РТ3	РТ5	РТ6
откр	закр	откр	закр	откр	закр	откр	закр	откр	закр	откр	закр	откр	закр					

ТО (действие)

разрешить выдучу команды на пуск стана

ПОСТУСЛОВИЕ

Пред пуском стана необходимо провести контроль готовности к пуску. Это условие реализовано в правиле «Контроль готовности к пуску стана».

Данное правило используется для проверки соответствия состояния элементов стана необходимому начальному состоянию.

Необходимость в предусловие (предикате) в этом правиле отсутствует. Антецедент ядра состоит из: Клапана VM1, VM2, VM3, VM4, VM5, VM6, VM7, VE1, VE2 – закрыты; Насосы NL1, NZ1, NL2, ND1 – выключены; Вакуумметр ВИЦБ – выключен; Преобразователь РТ2 – включен; Шторки закрыты; Питание на стан Q1 подано; Активен автоматический режим.

Состояние антецедента «действие» отсутствует. Консеквент отсутствует. Состояние консеквента «действие» – разрешить команду на пуск стана. Постусловие в правиле также не используется.

Если же правило не выполнено, то интеллектуальная система не может начать процесс управления станом горячей прокатки.

Продолжение работы. Следующий этап выполнения НИР – выбор наиболее подходящей системы основанной на правилах для реализации ядра ИнСУ. Выбор будет производится из следующих систем: JRules, OPS5, CLIPS, JESS, Drools, LISA, ART-IM и ECLIPS. К перечисленным выше свойствам, при выборе системы также будет рассматриваться стоимость системы, кросс-платформенность, возможность функционирования на персональном и промышленном компьютерах. Отдельно следует выделить выбор программного комплекса реализации ИнСУ. Конечной целью НИР является проектирование и реализация ИнСУ СГП ПМП. Также при разработке проекта предполагается использование такой технологии как OPC (OLE for Process Control).

Выводы. В ходе выполнения работы разработана структура ИнСУ, определены принципы постарения ИнСУ и выявлены способ представления знаний, метод вывода и стратегия разрешения конфликтных ситуаций. Разработанная структура является модифицированной по отношению к типичной. Модификации учитывают все отличительные и уникальные особенности задачи. В ходе работы выявлены этапы и подэтапы функционирования стана, что позволит сгруппировать совокупность всех правил. В ряде публикаций и проектов выявлены недостатки систем, основанных на правилах. Изучение подобных материалов позволит их избежать в разрабатываемой интеллектуальной системе управления технологическим процессом горячей прокатки пакетов металлических пластин.

Список литературы: ***1.*** *Голоскоков А.Е., Рудницкий А.В.* Разработка математического и программного обеспечения интеллектуальной системы управления технологическим процессом горячей прокатки пакетов металлических пластин // Вестник НТУ «ХПИ». Харьков: НТУ «ХПИ» – 2005. – №59 – С. 37-42. ***2.*** *Джонс М.Т.* Программирование искусственного интеллекта в приложениях. М.: ДМК Пресс, 2004. 312 с. ***3.*** Учебный курс: Интеллектуальные робототехнические системы. Практическая разработка экспертной системы управления технологическим процессом на базе экспертной системы-оболочки CLIPS// Интернет университет информационных технологий - http://www.intuit.ru/. ***4.*** CLIPS Application Abstracts// Официальный сайт CLIPS - http://www.ghg.net/clips. ***5.*** *Бондарев В.Н., Аде Ф.Г.* Искусственный интеллект. Севастополь: СевНТУ, 2002. 615 с. ***6.*** *Андрейчиков А.В., Андрейчикова О.Н.* Интеллектуальные информационные системы: Учебник. М.: Финансы и статистика, 2004. 424 с. ***7.*** *Гаскаров Д.В.* Интеллектуальные информационные системы: Учеб. для вузов. М.: Высшая школа, 2003. 413 с. ***8.*** Искусственный интеллект [В 3-х кн.]. – Кн.2. Модели и методы: Справочник/ *Под ред. Д.А. Поспелова*. – М.: Радио и связь, 1990. 304 с. ***9.*** *Бондарев В.Н., Аведов Д.В.* Среда для интеллектуальной обработки сигналов// Вестн. СевГТУ: Сб. науч. тр. – Севастополь, 1997. Вып. 5. С. 12-16. ***10.*** *Бондарев В.Н., Виленчик Д.В., Гольденберг С.В.* Информационная технология построения математических моделей объектов// Электронное моделирование. – 1992. - №2 – С. 31-40. ***11.*** *Forgy C.L.* Rete: A Fast Algorithm for the Many Pattern/Many Object Pattern Match Problem// Artificial Intelligence. 1982. №19. P. 17-37. ***12.*** *Бакаев А.А., Гриценко А.А.* Экспертные системы и логическое программирование. К.: Наук. Думка, 1992. 220 с.

Поступила в редколлегию 21.03.06